

**OPTICAL WAVE GUIDE DEVICE AND ITS MANUFACTURE****Publication Number:** 2000-199827 (JP 2000199827 A) , July 18, 2000**Inventors:**

- OKUHORA AKIHIKO
- OGAWA TAKESHI

**Applicants**

- SONY CORP

**Application Number:** 11-120631 (JP 99120631) , April 27, 1999**Priority:**

- 10-306090 [JP 98306090], JP (Japan), October 27, 1998

**International Class:**

- G02B-006/122
- H01S-005/026

**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical wave guide device having an optical waveguide warranting a high optical propagation characteristic regardless of a kind of a support pedestal and its manufacture. **SOLUTION:** This optical wave guide device is provided with a multilayer wiring substrate 2, an optical waveguide 11, a light receiving element 21, IC chips 25, 35 and a light emitting element 31 arranged on the multilayer wiring substrate 2. Since the optical waveguide 11 is formed on a flat transparent substrate, and is transferred onto the multilayer wiring substrate 2, it has an advantage such as a less optical propagative loss. At this time, a signal to be transmitted at high speed is high speed transmitted as an optical signal, and the signal allowed to be transmitted at a relatively low speed is transmitted as an electric signal. Thus, the propagative delay of the signal becoming a problem in the case of transmitting only by the electric signal is dissolved, and the danger receiving an effect of an electromagnetic noise is reduced. **COPYRIGHT:** (C)2000,JPO

**JAPIO**

© 2004 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 6614019

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-199827

(P2000-199827A)

(43)公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/122

H 0 1 S 5/026

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

H 0 1 S 3/18

テーマコード(参考)

B 2 H 0 4 7

6 1 6 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数61 O.L (全 20 頁)

(21)出願番号

特願平11-120631

(22)出願日

平成11年4月27日 (1999.4.27)

(31)優先権主張番号 特願平10-306090

(32)優先日 平成10年10月27日 (1998.10.27)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 奥洞 明彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 小川 剛

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

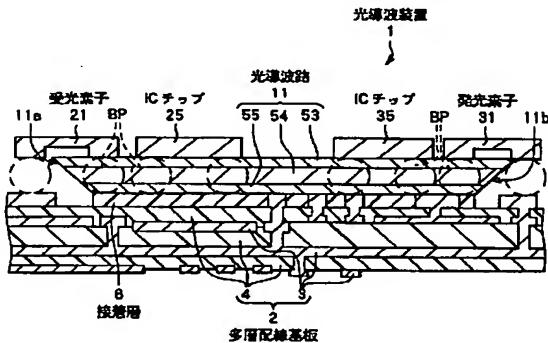
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波装置およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 支持基体の種類にかかわらず、高い光伝搬特性を担保し得る光導波路を有する光導波装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 多層配線基板2と、多層配線基板2上に配設された光導波路11、受光素子21、ICチップ25、35および発光素子31とを備えている。光導波路11は、平坦性に優れた透明基板上に形成されたのち、多層配線基板2に転写されたものであるので、光伝搬損失が少ないという利点を有する。ここでは、高速に伝送すべき信号は光信号として高速伝送され、比較的低速で伝送してもよい信号は電気信号として伝送される。よって、電気信号のみにより伝送する場合に問題となる信号の伝搬遅延が解消されると共に、電磁的ノイズの影響を受けるおそれが少なくなる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

内部を光信号が伝搬しうるようすに予め別途形成されると共に、前記基板上に配置されて固着された光導波路とを備えたことを特徴とする光導波装置。

【請求項2】 前記基板に電気的配線が形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波装置。

【請求項3】 更に、前記基板上に、電気信号を光信号に変換するための発光素子または光信号を電気信号に変換するための受光素子の少なくとも一方を備えたことを特徴とする請求項1記載の光導波装置。

【請求項4】 更に、前記基板上に、前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方との間で電気信号の授受を行うための集積回路を備えたことを特徴とする請求項3記載の光導波装置。

【請求項5】 前記光導波路は、前記基板とは異なる他の基板上に形成されて、前記他の基板から前記基板上に転写されたものであることを特徴とする請求項1記載の光導波装置。

【請求項6】 前記光導波路は、少なくとも一端に、外部からの光信号を反射させて前記光導波路内に導入する機能、または前記光導波路内を伝搬してきた光信号を反射させて前記光導波路外に導出する機能の少なくとも一方を有する光反射部を有することを特徴とする請求項1記載の光導波装置。

【請求項7】 前記光導波路はコア層とクラッド層とを含んで構成されると共に、前記光反射部は前記コア層の少なくとも一端に設けられていることを特徴とする請求項6記載の光導波装置。

【請求項8】 更に、前記基板上に、電気信号を光信号に変換するための発光素子または光信号を電気信号に変換するための受光素子の少なくとも一方と、

前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方との間で電気信号の授受を行うための集積回路とを備えると共に、前記光導波路は、少なくとも一端に光信号の入力または出力を行うための光反射部を有し、接着層を介して前記基板に接着されていることを特徴とする請求項2記載の光導波装置。

【請求項9】 前記基板の電気的配線は、前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方および前記集積回路に電源を供給するためのものであることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項10】 前記基板の電気的配線は、前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方と前記集積回路とを電気的に結合するためのものであることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項11】 前記基板は、複数の電気的配線層が絶縁体を介して積層された多層配線基板であることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

2

【請求項12】 前記光導波路は、前記基板上に形成された第1のクラッド層と、この第1のクラッド層上に積層されたコア層と、このコア層上に積層された第2のクラッド層とを含んで構成されていることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項13】 前記第1のクラッド層は、前記接着層を兼ねていることを特徴とする請求項12記載の光導波装置。

【請求項14】 前記接着層は、光硬化性樹脂よりなることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項15】 前記接着層は、熱硬化性樹脂よりなることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項16】 前記発光素子または受光素子の少なくとも一方および前記集積回路は、接続電極によって前記基板の電気的配線に接続されていることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項17】 前記接続電極は、導電性材料よりなる球状体にはんだがコーティングされたものであることを特徴とする請求項16記載の光導波装置。

【請求項18】 前記接続電極は、鉛(Pb)および錫(Sn)を主成分とするはんだよりなることを特徴とする請求項16記載の光導波装置。

【請求項19】 前記光導波路は第1の速度で伝送信号の伝送を行うものであり、前記基板の電気的配線は前記第1の速度よりも小さい第2の速度で伝送信号の伝送を行うものであることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項20】 前記発光素子、受光素子または集積回路の少なくとも1つは、前記光導波路を前記基板との間に介在するスペーサとして、前記基板上に配設されていることを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項21】 前記光反射部は、前記光導波路の少なくとも一端面に形成された傾斜面により構成されると共に、外部からの光信号を反射させて前記光導波路内に導入する機能、または前記光導波路内を伝搬してきた光信号を反射させて前記光導波路外に導出する機能の少なくとも一方を有することを特徴とする請求項8記載の光導波装置。

【請求項22】 前記傾斜面は、前記光導波路内の光伝搬方向に対して約45度に傾斜していることを特徴とする請求項21記載の光導波装置。

【請求項23】 前記多層配線基板の絶縁体は、アルミニウム(A1, O<sub>2</sub>)、ガラスセラミック、アルミニウムナイトライド(A1N)およびムライトからなる群のうちの少なくとも1種を含む無機材料よりなることを特徴とする請求項11記載の光導波装置。

【請求項24】 前記多層配線基板の絶縁体は、ガラスエポキシ樹脂、ポリイミド、BT樹脂、PPE(polyphenyl ether)樹脂、フェノール樹脂およびポリオレフィ

30

40

50

ン樹脂からなる群のうちの少なくとも1種を含む有機材料よりなることを特徴とする請求項11記載の光導波装置。

【請求項25】 第1の基板を支持基体として光導波路を形成する工程と、前記第1の基板により支持された前記光導波路と第2の基板とを固着させる工程と、前記第1の基板を除去することにより前記光導波路を前記第2の基板に転写する工程とを含むことを特徴とする光導波装置の製造方法。

【請求項26】 前記光導波路と第2の基板とを固着させる工程を、接着剤を用いて行うようにしたことを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項27】 前記接着剤として光硬化性樹脂を用いることを特徴とする請求項26記載の光導波装置の製造方法。

【請求項28】 前記第1の基板として光透過性の材料よりなる基板を用いると共に、この第1の基板を通して光を照射することにより、前記光硬化性樹脂を硬化させることを特徴とする請求項27記載の光導波装置の製造方法。

【請求項29】 前記光導波路を形成する工程および前記光導波路と第2の基板とを固着する工程は、

コア層を形成する工程と、このコア層を囲むようにして、クラッド層となる樹脂層を形成する工程と、未硬化状態の前記樹脂層を前記接着剤として用いて、前記第1の基板により支持された前記光導波路と前記第2の基板とを接着する工程と、前記樹脂層を硬化させて前記クラッド層を形成すると同時に、前記光導波路と前記第2の基板との固着を完了させる工程とを含むことを特徴とする請求項26記載の光導波装置の製造方法。

【請求項30】 前記光導波路を形成する工程は、前記第1の基板と前記光導波路との間に、後工程において前記第1の基板を前記光導波路から分離することを可能とする基板分離層を形成する工程を含むと共に、前記光導波路を第2の基板に転写する工程において、前記基板分離層を除去することにより前記第1の基板の除去を行うようにしたことを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項31】 前記基板分離層を、二酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)により形成することを特徴とする請求項30記載の光導波装置の製造方法。

【請求項32】 前記第1の基板として、所定の溶液により溶解可能な材料からなる基板を用いると共に、前記光導波路を第2の基板に転写する工程において、前記第1の基板を熔解することによりこれを除去するようにしたことを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項33】 前記溶液は5体積%以下のフッ化水素(HF)溶液であり、前記溶解可能な材料は感光性ガラスであることを特徴とする請求項32記載の光導波装置の製造方法。

【請求項34】 前記第1の基板上に光導波路を形成する工程は、互いに離間した複数の光導波路を形成する工程を含み、前記光導波路と第2の基板とを固着させる工程は、前記光導波路に、光硬化性樹脂よりなる接着層を介して

10 前記第2の基板を接着させる工程と、前記第1の基板を介して前記接着層に光を照射して、この接着層のうち、前記光導波路に対応する領域のみを選択的に露光して硬化させる工程と、前記第2の基板上の未硬化の光硬化性樹脂を除去する工程とを含むことを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項35】 前記光導波路に第2の基板を接着させる工程の前に、更に、

前記第1の基板上の前記光導波路が形成されている領域20 以外の領域および前記各光導波路の側面に遮光膜を形成する工程を含み、この遮光膜をマスクとして選択的露光を行うことを特徴とする請求項34記載の光導波装置の製造方法。

【請求項36】 前記遮光膜を形成する工程は、前記光導波路の前記第2の基板と固着される側の面に剥離層を形成する工程と、前記第1の基板、前記光導波路および前記剥離層の露出面全体に遮光膜を形成する工程と、前記剥離層を除去することにより、前記剥離層と接している前記遮光膜を選択的に除去する工程とを含むことを特徴とする請求項35記載の光導波装置の製造方法。

【請求項37】 更に、前記第2の基板上に、電気信号を光信号に変換するための発光素子または光信号を電気信号に変換するための受光素子の少なくとも一方を形成する工程を含むことを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項38】 更に、前記第2の基板上に、前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方との間で電気信号の授受を行うための40 集積回路を形成する工程を含むことを特徴とする請求項37記載の光導波装置の製造方法。

【請求項39】 前記第2の基板は、電気的配線が形成された電気配線基板であることを特徴とする請求項25記載の光導波装置の製造方法。

【請求項40】 更に、前記第2の基板上に、電気信号を光信号に変換するための発光素子または光信号を電気信号に変換するための受光素子の少なくとも一方を形成する工程と、前記第2の基板上に、前記発光素子または前記受光素子の50 少なくとも一方との間で電気信号の授受を行うための

集積回路を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項3・9記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・1】更に、

前記発光素子または前記受光素子の少なくとも一方、および前記集積回路を封止樹脂材料によって封止する工程を含むことを特徴とする請求項4・0記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・2】前記第1の基板を支持基体として光導波路を形成する工程は、

前記第1の基板上に前記第1の基板と前記光導波路とを分離可能な基板分離層を形成する工程と、

前記基板分離層の上に光導波路を形成する工程と、前記光導波路の少なくとも一端部に傾斜面を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項4・0記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・3】前記光導波路を形成する工程は、

前記基板分離層上に第1のクラッド層を形成する工程と、

前記第1のクラッド層上にコア層を形成する工程と、前記コア層上に第2のクラッド層を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・4】前記第2の基板として、アルミナ(A<sub>1</sub>O<sub>3</sub>)、ガラスセラミック、アルミニウムナイトライド(AlN)およびムライトからなる群のうちの少なくとも1種の無機材料を含む多層配線基板を用いることを特徴とする請求項4・0記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・5】前記第2の基板として、ガラスエポキシ樹脂、ポリイミド、BT樹脂、PPE(polyphenyl ether)樹脂、フェノール樹脂およびポリオレフィン樹脂からなる群のうちの少なくとも1種の有機材料を含む多層配線基板を用いることを特徴とする請求項4・0記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・6】前記第2の基板は、コア基板と、このコア基板の少なくとも一方の面に形成されると共に、電気的配線パターンが印刷された印刷基板とから構成されていることを特徴とする請求項4・0記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・7】前記第1および第2のクラッド層を形成する材料として、光の屈折率が前記コア層を形成する材料よりも小さいものを用いることを特徴とする請求項4・3記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・8】前記第1および第2のクラッド層を形成する材料として、ポリイミド、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂および合成ゴムからなる群のうちの少なくとも1種を主成分として含むものを用いることを特徴とする請求項4・3記載の光導波装置の製造方法。

【請求項4・9】前記基板分離層を形成する材料として、二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)を用いることを特徴と

する請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項5・0】前記基板分離層を形成する材料として、エッチング可能な金属材料を用いることを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項5・1】前記光導波路の少なくとも一端部に傾斜面を形成する工程は、

前記光導波路上にフォトレジストを塗布し、このフォトレジストに露光および現像処理を施して所望のフォトレジストバターンを形成する工程と、

10 前記フォトレジストバターンのエッジ領域を傾斜させる工程と、

前記フォトレジストバターンをマスクとして、前記光導波路の前記フォトレジストバターンのエッジ領域から露出している部分を異方性エッチングして、前記光導波路の端部をテーパ状の傾斜面とする工程と、

前記フォトレジストバターンを除去する工程とを含むことを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項5・2】前記光導波路の少なくとも一端部に傾斜面を形成する工程は、

前記光導波路上に金属膜を蒸着形成する工程と、前記金属膜上にフォトレジストを塗布し、このフォトレジストに露光および現像処理を施して所望のフォトレジストバターンを形成する工程と、

前記フォトレジストバターンをマスクとして前記金属膜をエッチングして前記金属膜を所望のバターンに形成する工程と、

前記金属膜をマスクとして前記光導波路層の所定の領域に所定の角度からレーザ光を照射して前記光導波路を切断することにより前記傾斜面を形成する工程と、

30 前記金属膜をエッチングにより除去し、被加工物全体を洗浄する工程とを含むことを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項5・3】前記光導波路の少なくとも一端部に傾斜面を形成する工程は、

先端部に傾斜面を有する加熱工具を加熱し、この加熱工具の先端部を前記光導波路に押入して光導波路を溶融することにより、前記光導波路に前記傾斜面を形成する工程と、

40 前記加熱工具を除去したのちに、前記光導波路の溶融部に生じた加工屑を研磨加工によって除去する工程とを含むことを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項5・4】前記光導波路の少なくとも一端部に傾斜面を形成する工程は、

前記第1の基板を所定の角度で切断する工程と、前記第1の基板の前記切断により形成された端面を研磨して前記光導波路の端部を傾斜面とする工程とを含むことを特徴とする請求項4・2記載の光導波装置の製造方法。

【請求項55】 前記第1の基板として、光を透過させる光透過性の材料からなる基板を用いると共に、前記光導波路に第2の基板を固着させる工程は、前記第2の基板上の所定の位置に、光の照射によって硬化する光硬化性樹脂からなる接着層を形成する工程と、前記第1の基板に形成された光導波路に前記第2の基板の接着層を密着させる工程と、前記第1の基板の裏面から前記第2の基板に向けて光を照射して、前記接着層を硬化させる工程とを含むことを特徴とする請求項40記載の光導波装置の製造方法。

【請求項56】 前記光導波路に第2の基板を固着させる工程は、前記第2の基板上の所定の位置に熱硬化性樹脂からなる接着層を形成する工程と、前記第1の基板に形成された光導波路に前記第2の基板の接着層を密着させる工程と、前記第1の基板および第2の基板全体を加熱して前記接着層を硬化させる工程とを含むことを特徴とする請求項40記載の光導波装置の製造方法。

【請求項57】 前記第1の基板を除去することにより前記光導波路を前記第2の基板に転写する工程において、接着された前記第1の基板と前記第2の基板との間に溶剤を供給して前記基板分離層を除去し、前記第1の基板を前記光導波路から分離するようにしたことを特徴とする請求項42記載の光導波装置の製造方法。

【請求項58】 前記第1の基板を除去することにより前記光導波路を前記第2の基板に転写する工程において、接着された前記第1の基板と前記第2の基板との間に溶剤を供給して前記基板分離層と前記光導波路との界面を分離するようにしたことを特徴とする請求項42記載の光導波装置の製造方法。

【請求項59】 前記発光素子または受光素子の少なくとも一方および前記集積回路は、接続電極を有しております、前記発光素子または受光素子の少なくとも一方を形成する工程および前記集積回路を形成する工程において、前記発光素子または受光素子の少なくとも一方および前記集積回路を、前記接続電極を用いてフリップチップボンディング法により前記第2の基板に実装するようにしたことを特徴とする請求項40記載の光導波装置の製造方法。

【請求項60】 前記発光素子または受光素子の少なくとも一方を形成する工程および前記集積回路を形成する工程において、前記光導波路を、前記発光素子または受光素子の少なくとも一方および前記集積回路と前記第2の基板との間に介在するスペーサとして利用するようにしたことを特徴とする請求項59記載の光導波装置の製造方法。

【請求項61】 金属細線の先端に形成された球状部を前記発光素子または受光素子の少なくとも一方あるいは

前記集積回路の電極に圧着したのち、前記球状部と前記金属細線との間を引き離すようにして切断することにより前記接続電極を形成するようにしたことを特徴とする請求項59記載の光導波装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内部を光信号が伝搬する光導波路を備えた光導波装置およびその製造方法に係り、特に、超高速信号処理回路や並列型デジタル信号処理回路等の信号処理回路における光信号の伝送や、光通信、光リンクあるいは光ファイバチャネル等の光伝送用送受信モジュールの光接続に用いて好適な光導波装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、セルラー電話などに用いられる無線通信技術、ISDN (Integrated Services Digital Network) などに用いられる有線通信技術、あるいはパソコン用コンピュータ (Personal Computer ; PC) など情報処理装置の処理能力が飛躍的に向上したことや、

AV (Audiovisual) 機器がデジタル化されたことなどにより、あらゆるメディアを情報通信ネットワークを介して送受信する動きが進展している。また、インターネットを始め、LAN (Local Area Network) やWAN (Wide Area Network) といった情報通信ネットワークが業務用および個人用に普及しつつある。これらのことから、将来、家庭内でPCを中心に家電製品やAV機器でネットワークを構成し、電話回線、CATV (Cable TelevisionあるいはCommunity Antenna Television) 、地上波テレビジョンあるいは衛星放送/衛星通信などの情報伝達手段によって情報を自由にやりとりする環境が実現すると考えられる。

【0003】 このような情報伝達手段によって数M～十数Mbpsという速い速度で取り扱われる画像データなどを自由にやり取りするためには、例えば、10M～1Gbps程度の情報伝送速度が望まれる。光通信・伝送技術は、そのような情報伝送速度を実現することが可能である。例えば、海底に敷設された光ケーブルのように、10km～100kmを越えるいわゆる幹線系通信網では、その低損失性や経済性などの観点から、光通信・伝送技術が広く普及している。

【0004】 一方、機器内のボード間あるいはボード内のチップ間など、比較的短距離間の情報伝達手段としては、主に、ツイステッドペアーケーブルや同軸ケーブルなどの有線通信・伝送手段が用いられている。近年になって、光ファイバチャネルや光データリンク等の光伝送を用いる技術の普及が始まっているものの、現行では、光通信・伝送手段は有線通信・伝送手段に置き換わる程の普及には至っていない。この理由としては、コスト対効果の問題が挙げられる。具体的には、例えば、光通信の性能 (例えば、伝送速度や伝送品質) を維持する

ために、光通信装置を構成する発光素子および受光素子と光ファイバとの間に精密な位置合わせ技術が必要であること、洩れ光対策、電磁的干渉への配慮、あるいはノイズ対策なども必要であること、および結果的に装置が複雑且つ高価になってしまうこと等の点が挙げられる。

【0005】一方、IC (Integrated Circuit: 集積回路) やLSI (Large Scale Integration: 大規模集積回路) における技術の進歩により、それらの動作速度や集積規模が向上し、例えばマイクロプロセッサの高性能化やメモリチップの大容量化が急速に達成されている。また、ネットワークにより接続されたPCが取り扱う情報量は急速に増加している。従って、信号処理クロックの周波数の上昇や並列度の上昇、およびメモリへのアクセス時間の高速化などに対応しなければならないという課題も存在する。このような状況下において、半導体チップの微細化やそれに伴うトランジスタのゲート長の縮小、駆動能力の向上などにより、半導体チップの内部では動作速度の高速化が図られている。しかしながら、メモリへのアクセス回路やマルチMPU (Microprocessor Unit) 構成の処理装置などにおいては、半導体装置のパッケージなどのような実装時に必要となる部分の寄生容量成分が大きく、半導体チップの外部に接続される電気的配線においては高速の信号伝送動作が難しくなっている。また、電気的配線への高速信号の印加は、スパイク状の電流変化あるいは電圧変化の原因となると共に、EMI (Electromagnetic Interference) / EMC (Electromagnetic Compatibility) などの電磁干渉ノイズ、反射ノイズおよびクロストークノイズの原因となる。

【0006】そこで、配線基板上の半導体チップ間など短距離の信号伝送経路においても、高速信号の伝送を行うためには、光による伝送を行うこと、特に光導波路を伝送路とした光伝送・通信システムを用いることが望ましいと考えられる。光により信号伝送を行う場合には、配線のCR (C: 配線の静電容量、R: 配線の抵抗) 時定数による信号遅延を解消でき、かつ電磁的ノイズの影響を避けることができるので、高速の信号の授受が可能となる。従って、光通信・伝送の通信性能を有線通信・伝送の通信性能と同等に維持すると共に、コストの低減を実現することにより、一般需要者向けの機器の分野においても短距離間の光通信・伝送システムを普及させる必要がある。

【0007】光通信・伝送の通信性能を有線通信・伝送の通信性能と同等に維持するためには、例えば光導波路の光伝搬損失が小さいことが要求される。この条件を満たす光伝搬損失の小さい材料としては、石英系の材料がある。石英は、既に光ファイバで実証されているように、光透過性が極めて良好であり、石英により光導波路を作製した場合には0.1 dB/cm以下の低損失化が達成されている。

【0008】図32は、従来の光導波装置の一構成例を表すものである(特開昭62-204208号公報参照)。この光導波装置は、絶縁層506によって各配線間が絶縁された薄膜多層配線505が形成された平坦なシリコン基板501上に、石英よりなる光導波路502およびLSI504を備えている。また、光導波路502の各端部領域の上方には、受光素子503および発光素子(図示せず)がそれぞれ形成され、その近傍に配置されたLSI504とそれぞれ電気的に接続されている。この光導波装置では、図示しない発光素子から出射した光信号が、光導波路502の内部を伝搬して、端面502aで反射され、受光素子503に入射するようになっている。

【0009】このような構成を有する光導波装置の製造方法としては、薄膜多層配線505が形成されたシリコン基板501上に光導波路502を形成したのち、例えばRIE (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) などの異方性エッチングにより光導波路502の端面502aをシリコン基板501の表面に対して略45°となるように加工し、更に、シリコン基板501上に受光素子503、発光素子およびLSI504を実装するという方法が知られている。

【0010】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した光導波装置の製造方法では、石英よりなる光導波路502をシリコン基板501上に形成するようしているため、光導波路502の形成技術として薄膜技術を用いる必要があった。薄膜技術を用いた光導波路502の形成は、寸法精度に優れる反面、厚さ数μm以上の膜の形成および加工が困難であるという不利益が存在する。

【0011】また、たとえ光により信号を高速に伝送できたとしても、電力供給や比較的低速の各種のコントロール信号などの伝送は、依然として電気的配線(電気信号)により行う必要がある。そのため、シリコン基板501上に電気的配線としての薄膜多層配線505を形成することが必須であるが、この電気的配線形成領域が通常の配線基板サイズ(数十cm角)やモジュールサイズ(数cm角)になると、コストがかかりすぎ、実現性に乏しいという問題があった。

【0012】この問題を解決するために、電気部品を搭載可能な印刷配線基板上に光導波路を形成することが考えられる。ところが、このような厚膜工程により製作させる配線基板の表面には、例えばめっき法により形成された金属の厚膜などが配設されており、凹凸が大きい。そのため、このような印刷配線基板上に光導波路を形成すると、基板表面の凹凸形状が光導波路の形状に影響を及ぼしてしまい、光導波路の光伝搬損失の増大や寸法精度の低下につながってしまうという問題があった。

【0013】更に、配線基板上に光導波路を形成する場合には、ウェットエッチングや洗浄などを行う際に、酸

・アルカリ溶液や有機溶剤などに基板全体を浸す工程が必要となるので、基板に損傷を与えるおそれがあるという問題があった。また、ドライエッティング時や、高温熱処理時に、基板に損傷を与えるおそれもある。従って、基板として厚膜工程による電気配線基板を用いることは困難であり、例えば高耐熱性などの特性を有している高価な基板を使用する必要があった。

【0014】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、支持基体の種類にかかわらず、高い光伝搬特性を担保し得る光導波路を有する光導波装置およびその製造方法を提供することにある。

【0015】本発明の第2の目的は、光導波路が安価に形成されると共に、製造コストの低減化を図ることができる光導波装置およびその製造方法を提供することにある。

【0016】また、本発明の第3の目的は、電気的配線のみでは実現が困難であった更なる高速の信号の伝送を可能にすると共に、伝送信号の耐電磁ノイズ性を向上させることのできる光導波装置およびその製造方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による光導波装置は、基板と、内部を光信号が伝搬しうるようによめ別途形成されると共に、基板上に配置されて、固着された光導波路とを備えたものである。

【0018】本発明による光導波装置の製造方法は、第1の基板を支持基体として光導波路を形成する工程と、第1の基板により支持された光導波路と第2の基板とを固着させる工程と、第1の基板を除去することにより光導波路を第2の基板に転写する工程とを含むものである。

【0019】本発明による光導波装置では、予め別途形成された光導波路が基板上に配置されており、この光導波路の内部を光信号が伝搬する。

【0020】本発明による光導波装置の製造方法では、第1の基板を支持基体として形成された光導波路と第2の基板とが固着されたのち、第1の基板が除去されることにより光導波路が第2の基板に転写される。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0022】(第1の実施の形態)まず、図1を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る光導波装置の構成について説明する。

【0023】図1は、本実施の形態に係る光導波装置1の断面構成を表すものである。この光導波装置1は、多層配線基板2と、多層配線基板2に接着層6を介して接着された光導波路11と、光導波路11をスペーサとして間に挟んで多層配線基板2上に実装された受光素子21、ICチップ25、35および発光素子31とを備え

ている。ここで、多層配線基板2が、本発明の「基板」および「第2の基板」の一具体例に対応している。また、ICチップ25、35が、本発明の「集積回路」の一具体例に対応している。

【0024】多層配線基板2は、複数の電気配線3が絶縁体4を介して積層された電気配線基板である。電気配線3は、ICチップ25、35、受光素子21および発光素子31に電力を供給する機能を有すると共に、ICチップ25、35と受光素子21および発光素子31との間で例えば低速コントロール信号の授受を行ったり、外部との間で信号の授受を行う機能を有している。すなわち、電気配線3は、多層配線基板2上に受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35を実装するための実装用パターン配線である。具体的には、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35に電力を供給するためのグラウンドラインを含む各種電源配線パターン、コントロール用信号を供給するための配線を含むICチップ25、35と受光素子21および発光素子31とを結合するための配線などが形成されている。

【0025】多層配線基板2としては、例えば、絶縁体4がアルミナ(A1, O<sub>2</sub>)、低温焼成ガラスセラミック、ガラスセラミック、アルミニウムナイトライド(AlN)、ムライトなどの無機材料からなるセラミック多層配線基板が使用されている。また、絶縁体4がFR-4などのガラスエポキシ樹脂からなるガラスエポキシ多層配線基板や、通常のガラスエポキシ配線基板上に例えば感光性エポキシ樹脂などを用いたフォトリソグラフィ技術で高密度パターン形成を可能にした、所謂ビルドアップ多層配線基板、絶縁体4にポリイミドフィルムなどを用いたフレキシブル多層配線基板、あるいはBTF樹脂、PPE(polyphenyl ether)樹脂、フェノール樹脂、ポリオレフィン樹脂(例えばデュポン社製のテフロン(商標登録))などの有機材料を用いた多層配線基板が使用される場合もある。その他、例えば誘電体材料からなるコア基板上に、電気的配線パターンが高密度に印刷された印刷基板が配設されてなる、所謂プリント配線基板を使用することもできる。

【0026】接着層6は、光導波路11と多層配線基板2との間に介在しており、例えば、ガラスエポキシ樹脂などの光硬化性樹脂または熱硬化性樹脂により構成されている。また、その厚さは、例えば10μm程度である。この接着層6は、光導波路11と多層配線基板2とを接着させる役割の他に、多層配線基板表面の凸凹を平坦化する役割も果たしている。

【0027】光導波路11は、例えば、コア層54と、コア層54を囲むようにして形成された上部クラッド層53および下部クラッド層55とにより構成されている。この光導波路11は、例えば両端部に、多層配線基板2の表面となす外角が鋭角(ここでは、略45°)で

あるような傾斜面11a, 11bを有している。なお、光導波路11の多層配線基板2の表面となす外角とは、光導波路11の光伝搬方向に沿った断面が閉じた図形であると考えた場合におけるこの図形の外角のことを意味する。ここで、上部クラッド層53が本発明の「第1のクラッド層」の一具体例に、下部クラッド層55が本発明の「第2のクラッド層」の一具体例にそれぞれ対応している。また、傾斜面11a, 11bが、本発明の「光反射部」の一具体例に対応している。

【0028】傾斜面11a, 11bは、上述したように多層配線基板2の表面となす外角が約45°であり、光導波路11の外部から多層配線基板2の主面と直交する方向に入射する光信号を反射させて光導波路11内に導入すると共に、光導波路11内を伝搬してきた光信号を反射させて多層配線基板2の主面に直交する方向に導出する機能を有している。

【0029】上部クラッド層53および下部クラッド層55は、例えば屈折率が1.52程度のビスフェノールを主材とするエポキシ樹脂により構成されており、厚さが例えば20μmである。また、コア層54は、上部クラッド層53および下部クラッド層55の構成材料よりも屈折率の大きな材料、例えば屈折率が1.54程度のエポキシ樹脂により構成されている。コア層54の厚さは例えば20μmであり、幅は例えば60μmである。なお、上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55は、コア層54の屈折率が上部クラッド層53および下部クラッド層55の屈折率よりも大きいという条件を満たすものであれば、他の材料、例えば、ポリイミド、ポリメチルメタクリレート(PMMA; Polymethyl Methacrylate)などのアクリル樹脂、ポリエチレンやポリスチレンなどのポリオレフィン樹脂、あるいは合成ゴムにより構成されていてもよい。

【0030】受光素子21は、その入射面に光導波路11から入射される光信号を電気信号に変換して、多層配線基板2に形成された電気配線3に出力するものであり、その一例としてはフォトダイオードが挙げられる。ここで、受光素子21の入射面は、光導波路11の傾斜面11aと対向する位置に、多層配線基板2の主面と直交するように設けられている。

【0031】発光素子31は、多層配線基板2の電気配線3を通じて発光素子31に入力される電気信号を光信号に変換して、その光信号を出射面から光導波路11の傾斜面11bに対して出射するものであり、その一例としては発光ダイオード(LED; Light Emitting Diode)が挙げられる。なお、発光素子31の出射面は、光導波路11の傾斜面11bと対向する位置に、多層配線基板2の主面と直交するように設けられている。

【0032】ICチップ25, 35には、例えば信号処理回路やメモリ回路などの電子回路が集積されており、多層配線基板2の電気配線3を通じて電源が供給され

る。また、このICチップ25, 35は、受光素子21および発光素子31と電気配線3によって電気的に接続されており、受光素子21および発光素子31との間で電気信号の授受を行う機能を有している。

【0033】受光素子21、発光素子31およびICチップ25, 35には、例えば電極パッド(図示せず)がそれぞれ設けられている。これらの電極パッドは、例えば鉛(Pb)および錫(Sn)を主成分とするはんだ(Pb-Snはんだ)よりなる球状のバンプ(突起)B

10 Pと接している。すなわち、受光素子21、発光素子31およびICチップ25, 35は、光導波路11を間に挟んで配置されると共に、バンプBPによって多層配線基板2上の電気配線3と電気的に接続されている。このバンプBPが、本発明の「接続電極」の一具体例に対応している。なお、バンプBPとしては、金(Au)よりもなるポールバンプ、あるいは銅(Cu)などの導電性よりなる球状体(ポールコア)にはんだがコーティングされたものを用いることもできる。

【0034】次に、この光導波装置1の作用について説明する。

【0035】この光導波装置1では、例えば多層配線基板2の電気配線3から供給された電力によって、受光素子21、発光素子31およびICチップ25, 35が動作可能な状態となる。この状態で、ICチップ35から発光素子31に電気信号が outputされるとき、発光素子31は、電気信号を光信号に変換して、出射面から光信号を出射する。出射された光信号は、傾斜面11bに入射し、傾斜面11bで反射して光導波路11内に導入される。その後、この光信号は、光導波路11内を伝搬し、傾斜面11aで反射して受光素子21の入射面に入射する。受光素子21に入射した光信号は、電気信号に変換されてICチップ25に入力される。このようにして、ICチップ35とICチップ25との間で光信号が高速伝送される。また、低速コントロール信号などの比較的低速で伝送してもよい信号は、多層配線基板2の電気配線3によって電気信号のまま伝送される。ここで、光信号の伝送速度が本発明の「第1の速度」の一具体例に、電気信号の伝送速度が本発明の「第2の速度」の一具体例にそれぞれ対応している。

【0036】このように本実施の形態に係る光導波装置では、ICチップ25, 35、受光素子21および発光素子31への電力の供給およびICチップ35やICチップ25をコントロールする比較的低速で伝送してもよい信号は、多層配線基板2の電気配線3によって行うことができ、ICチップ35とICチップ25との間で高速に伝送すべき信号は、発光素子31、光導波路11および受光素子21によって光信号により伝送することができる。よって、電気配線3のCR時定数による信号の遅延の問題を解消することができる。また、電磁輻射ノイズの問題や波形の乱れに起因する誤動作の問題を解消

することもできる。

【0037】また、本実施の形態に係る光導波装置では、ICチップ25、35、受光素子21および発光素子31は、多層配線基板2上に、光導波路11およびバンプBPを介在させて実装されており、光導波路11はICチップ25、35、受光素子21および発光素子31を支えると共に、バンプBPを配置するためのスペースを確保するスペーサの役割をも果たしている。このため、ICチップ25、35、受光素子21および発光素子31は、多層配線基板2上に安定に固定され得る。また、光導波路11によって、ICチップ25、35、受光素子21および発光素子31と電気配線3との距離を所定の値に維持することができる。

【0038】次に、図2ないし図12を参照して、本実施の形態に係る光導波装置の製造方法について説明する。なお、図2ないし図4は、それぞれ一製造工程を表す斜視図である。図5において、(A)は一製造工程を表す斜視図であり、(B)は(A)のXB-XB線に沿った断面構造を表している。図6、図7および図12は、それぞれ一製造工程を表す断面図である。図8、図9および図11において、(A)はそれぞれ一製造工程を一部破断して表す斜視図であり、(B)は(A)のVIIIB-VIIIB線(図8)、IXB-IXB線(図9)、およびXIB-XIB線(図11)に沿った断面構造をそれぞれ表している。

【0039】まず、図2に示したように、例えば石英ガラス、鉛ガラス、ソーダガラス、あるいは眞母(マイカ)などのような紫外域から可視域にかけての光を比較的よく透過する材料(光透過性材料)よりなる平坦性に優れた透明基板51を用意し、この透明基板51上に、例えばプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法、熱CVD法、または光CVD法等の方法により、例えば厚さ500nmの二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)よりなる基板分離層52を形成する。この基板分離層52は、透明基板51を光導波路11から分離するためのものである。その詳細は後述する。なお、二酸化シリコンは、紫外域から可視域の光に対してほぼ透明の材料である。次に、基板分離層52上に、例えばスピニコート法により例えばエポキシ樹脂を20μm程度の厚さになるように塗布したのち、加熱処理を行なって樹脂を固化させ、例えば屈折率が1.52である上部クラッド層53を形成する。

【0040】次に、図3に示したように、上部クラッド層53上に、例えば上部クラッド層53の形成方法と同様の方法により、上部クラッド層53の構成材料よりも屈折率の高い材料(例えばエポキシ樹脂)を用いて、例えば屈折率が1.54であり、厚さ30μm程度であるコア層54'を形成する。

【0041】次に、図4に示したように、所定のバターンのフォトレジスト膜(図示せず)を形成し、このフォ

トレジスト膜をマスクとして、例えばRIEを行う。これにより、コア層54'は、平面形状が帯状である、互いに離間した複数のコア層54となる。

【0042】次に、図5に示したように、例えば、透明基板51の全面に、上部クラッド層53の形成方法と同様の方法により、上部クラッド層53と同一の材料を用いて厚さが20μm程度の下部クラッド層55を形成する。

【0043】なお、上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55は、それらの各下地層上に光硬化性樹脂を塗布したのち、この光硬化性樹脂に対して光照射を行って樹脂を硬化させることにより形成するようにしてよい。

【0044】次に、図6に示したように、下部クラッド層55上に、例えば厚さ數十μm程度のフォトレジスト膜56を形成する。次に、フォトレジスト膜56に所定の露光処理および現像処理を施してフォトレジスト膜56を所定のバターンに加工したのち、このバターンニングされたフォトレジスト膜56を例えばガラス転移温度以上での温度で加熱処理する。これにより、フォトレジスト膜56のエッジ部分が流動して、傾斜面(図6のE部)が形成される。

【0045】次に、図7に示したように、フォトレジスト膜56をマスクとして、例えばRIE装置あるいはECR(Electro Cyclotron Resonance; 電子サイクロトロン共鳴)装置を用いて光導波路11の異方性エッティングを行う。これにより、光導波路11の両端部に、フォトレジスト膜56の傾斜面に対応する形状、すなわち、透明基板51の表面となす外角が約135°であるような傾斜面11a、11bが形成される。その後、フォトレジスト膜56を除去する。

【0046】次に、図8に示したように、例えば多層配線基板2を用意し、この多層配線基板2上の所望の領域に、例えば、スピニコート法、ディップコート法、スプレー法または印刷法等の方法により、ガラスエポキシ樹脂などの光硬化性樹脂よりなる厚さ10μm程度の接着層6を形成する。

【0047】次に、図9に示したように、光導波路11が形成された透明基板51の天地を反転し、位置合わせを行いながら接着層6が形成されている多層配線基板2に光導波路11を密着させる。続いて、透明基板51側の光導波路11と多層配線基板2とを密着させた状態で、透明基板51側から多層配線基板2側に向かって光を照射する。これにより、接着層6を構成する光硬化性樹脂が硬化し、多層配線基板2は光導波路11の所望の位置に固着される。このとき、大きな光量で短時間光を照射すると、光導波路11にひずみが生じ、光伝搬損失が大きくなってしまう。そこで、光の照射は、比較的小さな光量で時間をかけて行う。例えば、超高圧水銀ランプ(波長: g線(436nm)中心)を用いる場

合には、 $10 \text{ mW/cm}^2$  の出力で5分間行う。

【0048】図10は、本実施の形態においてコア層54、上部クラッド層53および下部クラッド層55として用いたエポキシ樹脂（厚さ1mm）の光透過率を表すグラフである。縦軸は光透過率（単位：%）を示し、横軸は光の波長（単位：nm）を示している。図10からも分かるように、このエポキシ樹脂は、350nm程度より長い波長の近紫外領域および可視領域の光を90%程度透過させる光透過性樹脂である。また、上記したように、透明基板51および基板分離層52は、紫外域から可視域にかけて十分な透明性を有する。従って、例えば超高压水銀ランプから発せられる光しは、透明基板51、基板分離層52および光導波路11を透過して接着層6まで十分に到達し、例えばガラスエポキシ樹脂による接着層6は完全に硬化する。

【0049】次に、光導波路11に多層配線基板2が固定されている状態で、透明基板51と多層配線基板2とを、例えば薄いフッ化水素（HF）溶液、または緩衝フッ化水素（BHF；Buffered HF）溶液に浸す。これにより、図11に示したように、透明基板51と光導波路11との間に形成された基板分離層52が溶解除去され、基板分離層52上の透明基板51が光導波路11から分離された状態（リフトオフ）となり、光導波路11が多層配線基板2に転写される。そののち、光導波路11が転写された多層配線基板2を水により予洗し、洗浄して、乾燥させる。

【0050】次に、図12に示したように、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35の図示しない電極パッドに、それぞれバンプBPを形成する。具体的には、例えば、金細線の先端に形成された金よりも球状部を受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35の電極パッドにそれぞれ圧着し、球状部から細線を引き離すようにして球状部と細線との間を切断し、バンプBPを形成する。そののち、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35をフリップチップポンディング法によって多層配線基板2に実装し、光導波路11にダメージを与えない程度のリフローを行う。ここで、フリップチップポンディング法とは、バンプBPと多層配線基板2に設けられたバンプBPに対向する電極（配線）とを位置合わせして密着させ、熱および圧力を加えてこれらを接合する方法をいう。なお、フリップチップポンディング法を用いずに、例えば印刷法などによって多層配線基板2上の所望の位置にはんだペーストを供給したのち、受光素子21などを実装し、リフローを行ってもよい。また、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35の他に、例えばチップ型抵抗器、コンデンサまたはインダクタなどの他の素子を実装することも可能である。

【0051】最後に、図示はしないが、実装した受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35と多

層配線基板2との間に、例えば毛管現象を利用して封止用樹脂（例えば、エポキシ樹脂）を導入し、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35を封止する。これにより、受光素子21、発光素子31およびICチップ25、35と電気配線3との接続信頼性が向上する。

【0052】このように本実施の形態に係る光導波装置の製造方法では、光導波路11を、平坦性に優れた透明基板51上に予め形成したのち、多層配線基板2に転写するようにしたので、表面の凹凸が大きい多層配線基板2を支持基体として用いる場合であっても、光伝搬損失の少ない光導波路11を有する光導波装置1を作製することが可能である。

【0053】また、本実施の形態によれば、多層配線基板2として比較的低成本のセラミック多層配線基板やプリント配線基板を使用し、この多層配線基板2上に、ICチップ25、35、受光素子21および発光素子31などの部品を実装するようにしたので、部品を容易に実装することができる。更に、シリコン基板上に薄膜技術によって電気配線層を形成して、その上に部品を実装するという従来の方法に比べて、光による信号伝送、電気による信号伝送および電力供給を同時にを行うことができる光導波装置1をより安価に製造することができる。

【0054】また、本実施の形態によれば、光導波路11を形成する薄膜プロセスと多層配線基板2を形成する厚膜プロセスとに分け、薄膜プロセスにより形成された光導波路11を、多層配線基板2に転写するようにしたので、円板状の基板以外の基板の上には膜形成が困難であるとされているスピンドルコート法などを用いなくても、多角形などの他の形状の基板上に簡単に光導波路11を形成することができる。この結果、光導波路11の支持基体としての基板（ここでは、多層配線基板2）の形状や材料などの選択の自由度が広がり、製造コスト低減を図ることができる。

【0055】また、本実施の形態のように多層配線基板2とは別に透明基板51に予め光導波路11を形成しておき、光導波路11を転写するプロセスを用いると共に、光導波路11の断面形状（特に、幅）を大きく形成するした場合には、光導波路11に対するICチップ25、35、発光素子21および受光素子31の位置合わせが容易になり、この点でも製造コストを低減することができる。

【0056】なお、本実施の形態では、光導波路11をスペーサとして、光導波路11と接するようにICチップ25、35、発光素子21および受光素子31を実装するようにしたが、上述したように、実装時にリフローを行う際に光導波路11にダメージを与えないように注意を払う必要がある。従って、バンプBPをスペーサとして、光導波路11とICチップ25、35、発光素子21および受光素子31とが離間するように実装しても

よい。その場合には、バンブB Pによって、ICチップ25、35、発光素子21および受光素子31と電気配線3との距離が所定の値に維持されると共に、信頼性の高い電気的接続が可能になる。

【0057】(第2の実施の形態) 本実施の形態は、光導波装置の製造方法に関するものである。その対象となる光導波装置は、各光導波路間が分離されている点を除き、上記第1の実施の形態と同様である。以下、図1ないし図5および図13ないし図20を参照して、本実施の形態の光導波装置の製造方法について説明する。図13ないし図20は、それぞれ、各製造工程を一部破断して表す斜視図である。なお、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、ここではその詳細な説明を省略する。

【0058】本実施の形態に係る製造方法では、まず、第1の実施の形態の図2～図5に示した工程と同様にして、透明基板51上に基板分離層52および光導波路11を形成する。

【0059】次に、図13に示したように、光導波路11上に、例えばプラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 法、熱CVD法、または光CVD法等の方法により、例えば厚さ500nmの二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)よりなる剥離層91を形成する。この剥離層91は、後述する遮光膜92(図15参照)を選択的に除去するためのものである。続いて、第1の実施の形態と同様のリソグラフィ技術を用いて、光導波路11の両端部に、透明基板51の表面となす外角が約135°であるような傾斜面11a、11b(ここでは、図示せず)を形成する。

【0060】次に、図14に示したように、例えば、図示しない所定のパターンのフォトレジスト膜を形成し、このフォトレジスト膜をマスクとして、レーザ加工、あるいは例えば酸素(O<sub>2</sub>)プラズマを用いたプラズマエッチングやイオンビームエッチングやパウダーを用いたエッチング(パウダービームエッチング)などのエッチング加工を行うことにより、剥離層91、光導波路11および基板分離層52を選択的に除去する。ここでは、光導波路11の下面(すなわち、上部クラッド層53と基板分離層52との界面)に至るまで確実に除去する必要があるため、基板分離層52が露出するまでレーザ照射あるいはエッチングを行うようとする。これにより、光導波路11およびその上に形成された剥離層91は、互いに離間した複数の光導波路11'および剥離層91'へと分割される。なお、除去する部分が直線により構成された単純なパターンである場合には、ダイシングなどにより除去するようにしてもよい。

【0061】次に、図15に示したように、透明基板51、光導波路11および剥離層91の露出面全体に、例えば蒸着法あるいはスパッタ法により、例えば厚さ100nmのクロム(Cr)よりなる遮光膜92を形成す

る。なお、遮光膜92は、後述する接着層6を露光して硬化させる際に、選択的に遮光するためのものである。ちなみに、遮光膜92の構成材料としては、光を遮断可能な材料であればクロム以外の材料を用いてもよい。具体的には、アルミニウムやタンタル(Ta)等を用いてもよい。

【0062】次に、図16に示したように、例えば、希フッ酸溶液を用いて二酸化シリコンよりなる剥離層91'を溶解除去することにより、剥離層91'と接している(すなわち、光導波路11上の)遮光膜92を選択的に除去する(リフトオフ法)。これにより、光導波路11の上面のみが露出した状態となる。

【0063】次に、図17に示したように、多層配線基板2を用意し、この多層配線基板2上の所望の領域に、例えば、スピンドルコート法、ディップコート法、スプレー法または印刷法等の方法により、ガラスエポキシ樹脂などの光硬化性樹脂よりなる厚さ10μm程度の接着層6を形成する。

【0064】次に、図18に示したように、例えば、第20の実施の形態の図9に示した工程と同様にして、光導波路11'が形成された透明基板51を天地反転させて、多層配線基板2を光導波路11'に圧着したのち、透明基板51の側から多層配線基板2の方向に向けて光を照射する。ここでは、遮光膜92が、光導波路11'と接着層6との界面には形成されておらず、光導波路11'の側面および透明基板51の多層配線基板2との対向面のうちの光導波路11'が形成されていない領域のみに形成されている。従って、透明基板51側から照射された光は、光導波路11'が形成されている領域Aにおいてのみ接着層6まで到達し、その他の領域Bにおいては遮光膜92により遮断され、接着層6まで到達しない。その結果、接着層6のうち、光導波路11'の下部の領域Aのみが硬化し、その他の領域Bは未硬化のままである。そして、この硬化した接着層6により、多層配線基板2は光導波路11'に接着される。

【0065】次に、図19に示したように、接着層6のうちの、遮光膜92により光が照射されずに未硬化のままの領域Bの樹脂を、例えばアセトンあるいはエタノールにより選択的に溶解除去する。

【0066】次に、図20に示したように、例えば、酸性溶液(例えば塩酸溶液)を用いてクロムよりなる遮光膜92を溶解したのち、例えば第1の実施の形態の図11に示した工程の方法と同様の方法で基板分離層52を溶解除去することにより、光導波路11'を多層配線基板2に転写する。以下の工程は、第1の実施の形態と同一である。

【0067】このように本実施の形態では、予め透明基板51の上に、互いに分離された複数の光導波路11'を形成すると共に、遮光膜92を用いて多層配線基板2の全面に形成した未硬化状態の接着層6と光導波路1

1' とを密着させ、光導波路11' 形成領域の下側部分の接着層6のみを選択的に硬化させるようにしたので、透明基板51上の複数の光導波路11' を多層配線基板2に良好に転写することができる。すなわち、多層配線基板2上に、互いに離間して形成され、かつ、光伝搬損失の少ない複数の光導波路11' を配設することができる。

【0068】また、ここでは、平面形状が帯状の複数の光導波路11' を形成する場合について説明したが、本実施の形態の製造方法を用いれば、透明基板51上に形成された任意の平面形状（例えば、L字状、U字状あるいは円弧状など）の光導波路11' を多層配線基板2に転写することができ、例えば多層配線基板2の電極形成領域などのように光導波路を転写したくない領域には転写せずに、必要な箇所にのみ光導波路を転写することができる。

【0069】（第3の実施の形態）本発明の第3の実施の形態は、光導波路の製造方法に関するものであり、その対象としての光導波装置の構造自体は、図1に示したものと同様である。本実施の形態に係る光導波装置の製造方法は、光導波路11の傾斜面11a, 11bの形成方法が異なる点を除き、他は第1の実施の形態と同様である。以下、図21ないし図23を参照して説明する。なお、これらの図において、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、ここではその詳細な説明を省略する。

【0070】本実施の形態の傾斜面の形成方法では、まず、図21に示したように、透明基板51上に基板分離層52を介して上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55からなる光導波路11を形成する。次に、下部クラッド層55上に、例えばアルミニウムよりなる金属膜60を蒸着法により形成する。次に、金属膜60上にフォトレジスト膜56を形成したのち、フォトレジスト膜56に所定の露光および現像処理を施して所望のフォトレジストパターンを形成すると共に、フォトレジスト膜56を例えばガラス転移温度以上の温度で加熱処理することにより、フォトレジスト膜56のエッジ部分に傾斜面Eを形成する。

【0071】次に、図22に示したように、フォトレジスト膜56をマスクとして金属膜60をエッチングして、金属膜60の両端部をフォトレジスト膜56の傾斜面Eに対応した形状の傾斜面Fとする。

【0072】次に、図22に示したように、金属膜60をマスクとして所望の角度から例えばCO<sub>2</sub>ガスレーザなどのレーザ光LBの照射を行い、光導波路11を切断する。このとき、光導波路11の端部となる切断面が、光導波路11の長手方向（光伝搬方向）に対して略45°に傾斜した傾斜面11a, 11bとなるようにする。それ以降の工程は、第1の実施の形態と同様である。

【0073】このように本実施の形態によれば、光導波

路11の端部の傾斜面11a, 11bの形成を、レーザ光LBを所定の角度から照射して光導波路11を切断することにより行うため、薄膜形成プロセスのみにより傾斜面11a, 11bを形成する場合よりも、精度良く、また簡単に形成することができる。

【0074】（第4の実施の形態）本発明の第4の実施の形態は、光導波路の製造方法に関するものであり、その対象としての光導波装置の構造自体は、図1に示したものと同様である。本実施の形態に係る光導波装置の製造方法は、光導波路11の傾斜面11a, 11bの形成方法が異なる点を除き、他は第1の実施の形態と同様である。以下、図24ないし図27を参照して説明する。なお、これらの図において、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、ここではその詳細な説明を省略する。

【0075】本実施の形態では、まず、図24に示したように、第1の実施の形態と同様のプロセスで、透明基板51上に基板分離層52を形成し、この上に上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55からなる光導波路11を形成する。

【0076】次に、図25に示したように、先端面Tbに対して略45°に傾斜する2つの面取り状斜面Taを有するヒートツールTを準備し、このヒートツールTを光導波路11を構成する上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55を構成する樹脂素材のガラス転移温度以上の温度に加熱する。続いて、加熱されたヒートツールTの先端を多層配線基板2に押し付けて、光導波路11を溶融する。必要であれば、多層配線基板2の正面に沿った方向にヒートツールTを移動させようとしてもよい。

【0077】次に、図26に示したように、ヒートツールTを多層配線基板2から取り去ると、光導波路11の溶融された領域には、凹部Hが形成され、凹部Hの内面が、光導波路11の長手方向に対して略45°に傾斜した傾斜面11a, 11bとなる。なお、凹部Hの周囲には、熱変形によりスカム（加工屑）Kが発生する。このため、基板51のスカムKの形成面を、例えば、グラインド基板71の研磨面に押し付け、軽く研磨する。この研磨によって、図27に示したように、凹部Hの周囲のスカムKが除去されると共に、光導波路11の上面は平坦化される。最後に洗浄・乾燥処理を行うことによって光導波路11の傾斜面11a, 11bが完成する。それ以降の工程は、第1の実施の形態と同様である。

【0078】このように本実施の形態によれば、光導波路11の傾斜面11a, 11bをヒートツールTの斜面Taによって形成するようにしているため、これらの傾斜面11a, 11bをヒートツールTの斜面Taと同一の傾斜角度に形成することができ、傾斜面11a, 11bの精度を高めることができる。

【0079】（第5の実施の形態）本発明の第5の実施

の形態は、光導波路の製造方法に関するものであり、その対象としての光導波装置の構造自体は、図1に示したものと同様である。本実施の形態に係る光導波装置の製造方法は、光導波路11の傾斜面11a、11bの形成方法が異なる点を除き、他は第1の実施の形態と同様である。以下、図28ないし図30を参照して説明する。なお、これらの図において、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、ここではその詳細な説明を省略する。

【0080】本実施の形態では、まず、図28に示したように、第1の実施の形態と同様のプロセスで、透明基板51上に基板分離層52を形成し、この上に上部クラッド層53、コア層54および下部クラッド層55からなる光導波路11を形成する。

【0081】次に、図29に示したように、光導波路11が形成された透明基板51を、例えばダイシングソーなどの切断手段によって光導波路11の長手方向（光伝搬方向）に対して45°の角度で切断する（図29のF部）。

【0082】次に、図30に示したように、切断された透明基板51をグラインド基板81に対して45°の角度で傾斜させて、透明基板51の切断面をグラインド基板81の研磨面に接触させ研磨する。これによって、光導波路11の一端部に光導波路11の長手方向に対して45°で傾斜する傾斜面11aを形成することができる。以下の工程は、第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0083】このように本実施の形態によれば、光導波路11の傾斜面11aを機械的に研磨するようにしていけるため、傾斜面11aの精度を高めることができる。なお、この傾斜面11aの形成方法は、透明基板51の正面に沿って複数配列された光導波路11の端面加工を一括して行うことができるので好都合である。

【0084】（第6の実施の形態）本発明の第6の実施の形態は、一芯光ファイバを通じてデータの送受信を行う光送受信モジュールとして構成された光導波装置に関するものである。図31は、本実施の形態に係る光導波装置の断面構造を表すものである。なお、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、ここではその説明を省略する。

【0085】この光導波装置は、多層配線基板2（例えばガラスエポキシ多層配線基板）と、多層配線基板2上に形成された光導波路11と、多層配線基板2上にパンプBPを介して実装された送信用の発光素子としての端面発光型のレーザダイオード101およびICチップ102と、多層配線基板2に埋め込まれた受光素子103と、多層配線基板2上の受光素子103と対向する位置に配設された一芯光ファイバ201とを備えている。また、多層配線基板2上には、レーザダイオード101の駆動回路や、トランジンビーダンスアンプなどの受信

回路に代表される他の回路や部品を搭載することが可能である（図示せず）。

【0086】光導波路11は、第1の実施の形態の方法により多層配線基板2上に転写され、樹脂からなるバッジレーション膜を兼ねた接着層6によって、多層配線基板2に接着されている。光導波路11の一端には、多層配線基板2の表面となす外角が約45°であり、反射面として機能する傾斜面11aが形成されている。光導波路11は、傾斜面11aの位置が受光素子103の中央部にくるように位置決めされている。受光素子103は、受光する光の波長に対して感度を有している。

【0087】一芯光ファイバ201は、内部に形成されたファイバコア層202と、ファイバコア層202の外周に形成されたファイバクラッド層203とから構成され、一端部が受光素子103から所定の距離だけ離間するように設けられている。ファイバコア層202の直径は、傾斜面11aの大きさに比べて十分に大きくなっている。

【0088】この光導波装置では、レーザダイオード101から出力された光信号は、光導波路11に入力され、光導波路11を伝搬して、傾斜面11aで反射して出射光L<sub>11</sub>として一芯光ファイバ201に効率良く導入される。また、一芯光ファイバ201から出力される入射光L<sub>201</sub>は、光導波路11の傾斜面11aを含む多層配線基板2の広い領域に照射されるが、傾斜面11aでけられる光量はわずかであり、入射光L<sub>201</sub>のほとんどは受光素子103の受光部103aに吸収されるので、効率の良い受信を行うことが可能である。

【0089】このように本実施の形態によれば、一芯光ファイバ201と、受光素子103やレーザダイオード101との間の配置の自由度が大きくなり、低コストで、かつ性能の良い光送受信モジュールとすることができる。

【0090】以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記各実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、接着層6の上に光導波路11の下部クラッド層55を接着させた構成としたが、接着層6を下部クラッド層55と同じ機能を果たす材料により構成すれば、下部クラッド層55が接着層6を兼ねている構成とすることができる。また、上部クラッド層53についても、多層配線基板2に光導波路11を転写する際に、空気をクラッド層として利用するようにして、上部クラッド層53を形成しない構成とすることも可能である。これらの結果、光導波路11の形成プロセスを簡略化することができ、製造コストを低減させることができる。

【0091】また、上記第1の実施の形態では、接着層6の形成材料として光硬化性樹脂を用いた場合について説明したが、このほか、熱硬化性樹脂を用いることもできる。この場合には、透明基板51に光導波路11を形

成したのち、多層配線基板2上の所望の領域に、例えば印刷法によりエポキシ樹脂あるいはアクリル樹脂などの熱硬化性樹脂からなる接着層6を形成し、透明基板51上の光導波路11に多層配線基板2を密着させた状態で、加熱する。これにより、接着層6を構成する熱硬化性樹脂が硬化して、多層配線基板2は光導波路11に固定される。この場合、光導波路形成用の基板（本発明における第1の基板）は、光透過性のものでなくてもよい。但し、転写の際の位置合わせを容易にするには、透明の基板を用いることが好ましい。

【0092】また、上記実施の形態では、基板分離層52の形成材料として二酸化シリコンを用いると共に、この基板分離層52を薄いフッ化水素溶液、あるいは緩衝フッ化水素溶液に浸して溶解除去するようにしたが、アセトンもしくはイソブロピルアルコールなどの有機溶剤をシャワー状に吹き付けて基板分離層52を溶解し、基板分離層52と光導波路11とをこれらの界面で分離させることも可能である。更に、基板分離層52をアルミニウム（Al）や銅などのウェットエッティング可能な金属材料により形成し、この基板分離層52を薄い塩酸（HCl）、水酸化ナトリウム（NaOH）あるいは水酸化カリウム（KOH）などの溶液を用いて溶解除去するようにしてもよい。

【0093】また、上記実施の形態では、透明基板51として石英ガラスなどの光透過性材料を用いたが、光透過性を有し、かつ溶解可能な感光性ガラスなどの材料を用いるようにしてもよい。この場合には、感光性ガラスは、例えば5体積%以下の希フッ化水素溶液に浸すことにより溶解されるので、基板分離層52は不要となる。

【0094】また、上記実施の形態では、光反射部（傾斜面11a, 11b）を光導波路11の端面全体に設けるようにしたが、コア層54の端面のみに設けるようにしてもよい。

#### 【0095】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項24のいずれか1項に記載の光導波装置によれば、光導波路を予め別途形成すると共に、この光導波路を基板上に配置して、固定するようにしたので、基板上に直接光導波路が形成される場合とは異なり、光導波路を支持する基板の種類や形状に影響されずに一定の特性を担保することが可能になる。従って、任意の基板を用いて構成することができるという効果を奏する。

【0096】特に、請求項8ないし請求項24のいずれか1項に記載の光導波装置によれば、電気的配線が形成された基板上に、光導波路、発光素子または受光素子の少なくとも一方、および集積回路を備えるように構成したので、高速に伝送すべき信号は光信号として高速伝送する一方、比較的の低速で伝送してもよい信号は電気信号として伝送するというように、用途や目的に応じて伝送形態を使い分けることも可能である。そのため、電気的

配線により伝送する場合に問題となる信号の伝搬遅延が解消されると共に、電磁的ノイズの影響を受けるおそれが少くなり、その結果、波形の乱れに起因する誤動作を効果的に防止することができる。よって、この光導波装置を用いれば、電気的配線のみでは実現困難であった高速の信号授受が可能となり、システムやネットワークの性能を飛躍的に高めることも可能となる。

【0097】また、請求項25ないし請求項61のいずれか1項に記載の光導波装置の製造方法によれば、第1

10 基板上に形成された光導波路を第2の基板に転写するようにしたので、従来において耐熱性に優れた高価な基板上にのみ形成可能であった光導波路を、任意の材料および形状の、より廉価な基板上に形成することができるという効果を奏する。更に、第1の基板として平坦性に優れた基板を用いることにより、光伝搬損失の少ない光導波路を作製することができる。

【0098】特に、請求項34ないし請求項36のいずれか1項に記載の光導波装置の製造方法によれば、第1の基板上に互いに離間した複数の光導波路を形成し、こ

20 れらの光導波路に接着層を介して第2の基板を接着させたのち、接着層のうち、光導波路が形成されている領域に対応する領域のみを選択的に露光して硬化させるようにしたので、任意の基板の所望の領域に、互いに分離された複数の光導波路を転写することができる。

【0099】また、請求項39ないし請求項61のいずれか1項に記載の光導波装置の製造方法によれば、第2の基板として、厚膜工程によって予め形成された電気配線基板を用いるようにしたので、薄膜技術を用いて基板上に電気的配線を形成したのち、その上に光導波路を形成する場合よりも、容易かつ安価に製造することができる。

【0100】特に、請求項48記載の光導波装置の製造方法によれば、第1および第2のクラッド層を形成する材料として、石英よりも安価な、ポリイミド、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂または合成ゴムの少なくとも1種を含むものを用いるようにしたので、光導波路の材料コストの低減化を図ることができる。

【0101】また、請求項52記載の光導波装置の製造方法によれば、光導波路の少なくとも一端部の傾斜面の形成を、レーザ光を所定の角度から照射して光導波路を切断することにより行うようにしたので、薄膜形成プロセスのみにより形成する場合よりも、精度良く、また簡単に形成することができる。

【0102】また、請求項53記載の光導波装置の製造方法によれば、先端部に所定の角度の傾斜面を有する加熱工具を加熱して光導波路に押入することにより光導波路の少なくとも一端面を傾斜面に加工するようにしたので、光導波路の傾斜面を加熱工具の傾斜面と同一の傾斜角度に形成することができ、その精度を高めることができ

きる。

【0103】また、請求項54記載の光導波装置の製造方法によれば、光導波路が形成された第1の基板を所定の角度で切断したのち、第1の基板の切断により形成された端面を研磨して光導波路の傾斜面とするようにしたので、傾斜面の精度を高めることができる。

【0104】また、請求項60記載の光導波装置によれば、光導波路を、発光素子または受光素子の少なくとも一方および集積回路と第2の基板との間に介在するスペーサとして利用するようにしたので、発光素子または受光素子の少なくとも一方および集積回路を第2の基板上に安定に固定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光導波装置の構成を表す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る光導波装置の一製造工程を説明するための斜視図である。

【図3】図2に続く製造工程を説明するための斜視図である。

【図4】図3に続く製造工程を説明するための斜視図である。

【図5】(A)は図4に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図であり、(B)は(A)のXB-XB線に沿った断面図である。

【図6】図5に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図7】図6に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図8】(A)は図7に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図であり、(B)は(A)のVIIIB-VIIIB線に沿った断面図である。

【図9】(A)は図8に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図であり、(B)は(A)のIXB-IXB線に沿った断面図である。

【図10】本発明の第1の実施の形態において用いたエポキシ樹脂の光透過率と光の波長との関係を表す特性図である。

【図11】(A)は図9に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図であり、(B)は(A)のXIB-XIB線に沿った断面図である。

【図12】図11に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図13】本発明の第2の実施の形態に係る光導波装置の一製造工程を説明するための一部断面した斜視図である。

【図14】図13に続く製造工程を説明するための一部

破断した斜視図である。

【図15】図14に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

【図16】図15に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

【図17】図16に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

【図18】図17に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

10 【図19】図18に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

【図20】図19に続く製造工程を説明するための一部破断した斜視図である。

【図21】本発明の第3の実施の形態に係る光導波装置の一製造工程を説明するための断面図である。

【図22】図21に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図23】図22に続く製造工程を説明するための断面図である。

20 【図24】本発明の第4の実施の形態に係る光導波装置の一製造工程を説明するための断面図である。

【図25】図24に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図26】図25に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図27】図26に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図28】本発明の第5の実施の形態に係る光導波装置の一製造工程を説明するための断面図である。

30 【図29】図28に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図30】図29に続く製造工程を説明するための断面図である。

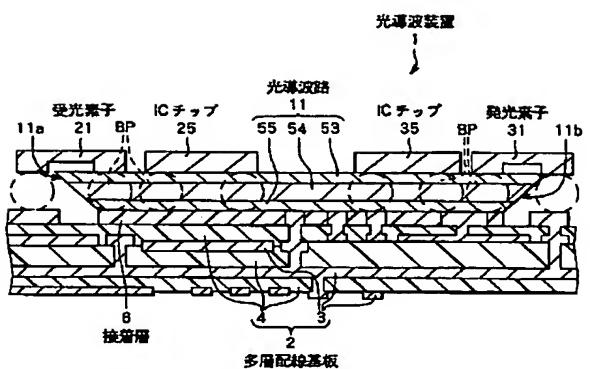
【図31】本発明の第6の実施の形態に係る光導波装置の構成を表す断面図である。

【図32】従来の光導波装置の一構成例を表す断面図である。

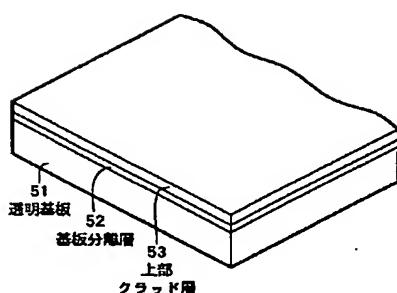
【符号の説明】

1…光導波装置、2…多層配線基板、3…電気配線、4…絶縁体、6…接着層、11, 11'…光導波路、11a, 11b…傾斜面、21…受光素子、25, 35…ICチップ、31…発光素子、51…透明基板、52…基板分離層、53…上部クラッド層、54…コア層、55…下部クラッド層、56…フォトレジスト膜、91, 91'…剥離層、92…遮光膜、BP…パンプ、L…光、LB…レーザ光

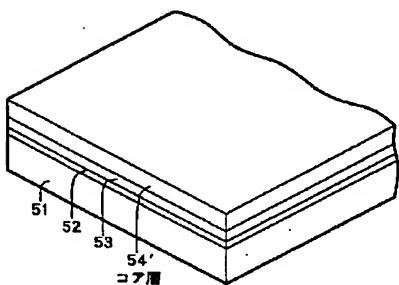
【図1】



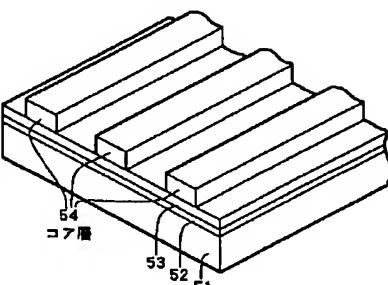
【図2】



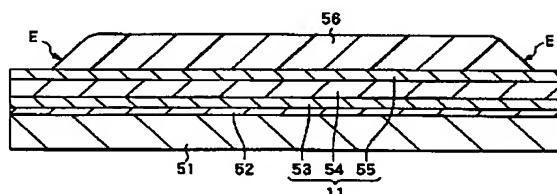
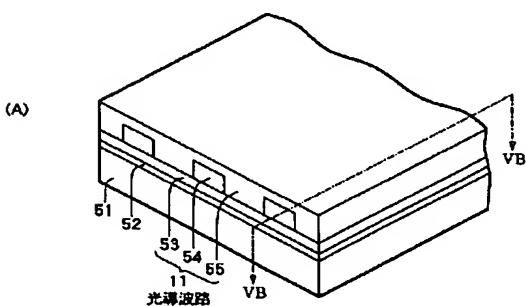
【図3】



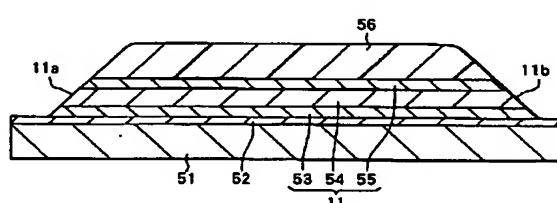
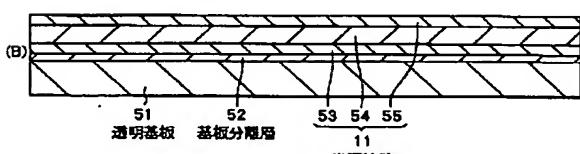
【図4】



【図5】

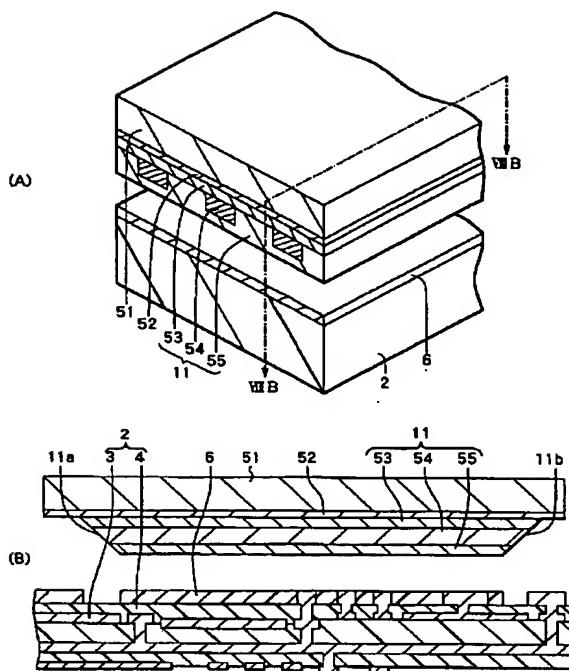


【図6】

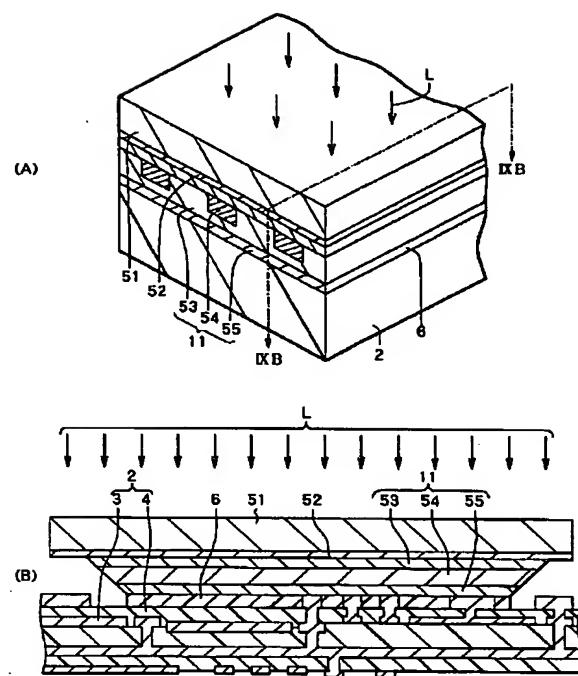


【図7】

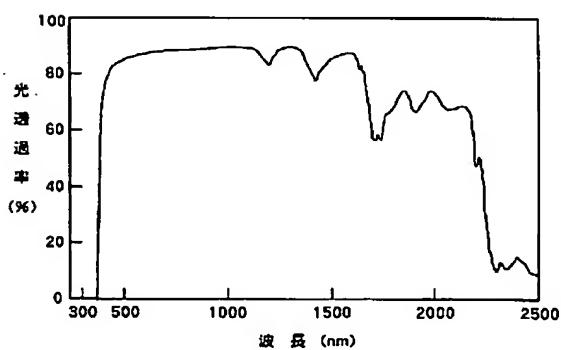
【図8】



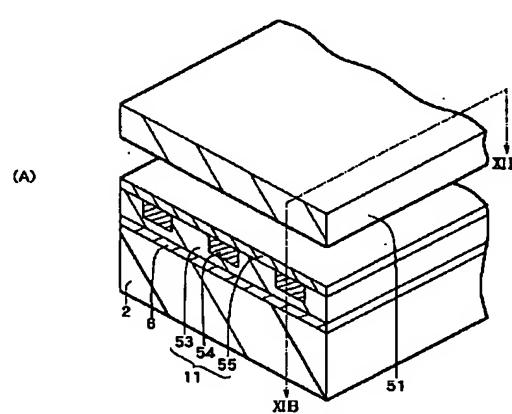
【図9】



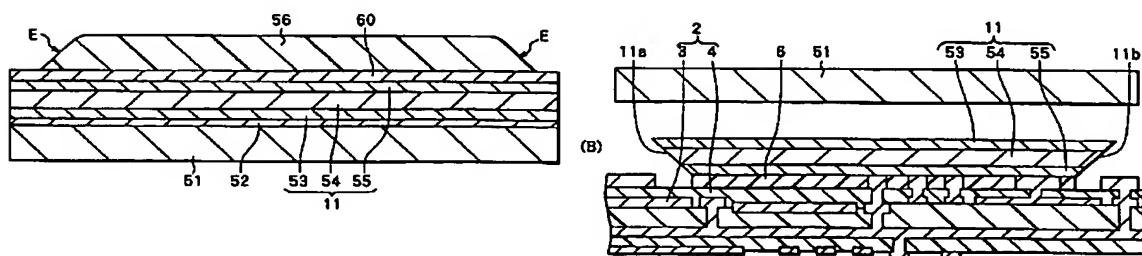
【図10】



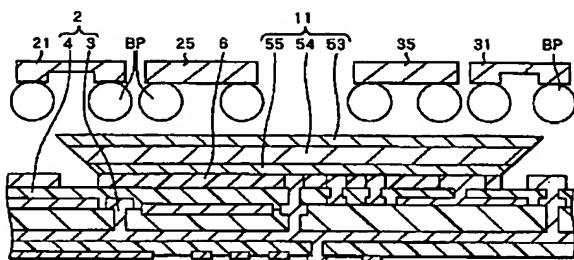
【図11】



【図21】

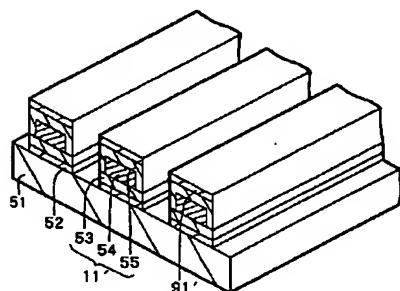
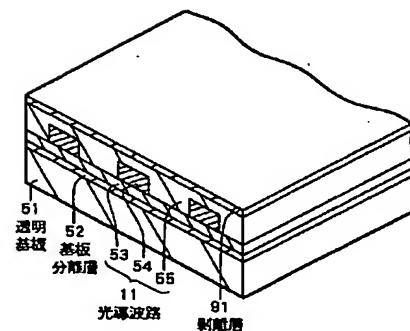


【図12】

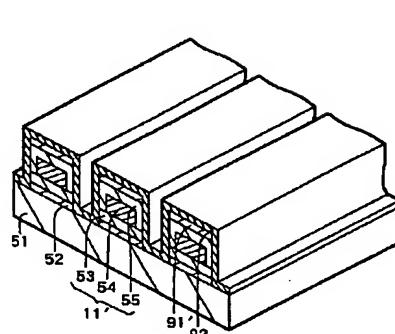


【図14】

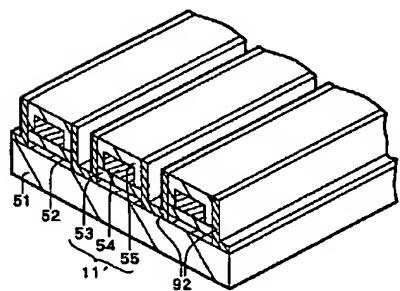
【図13】



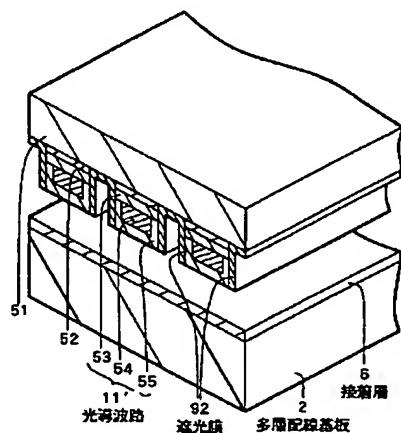
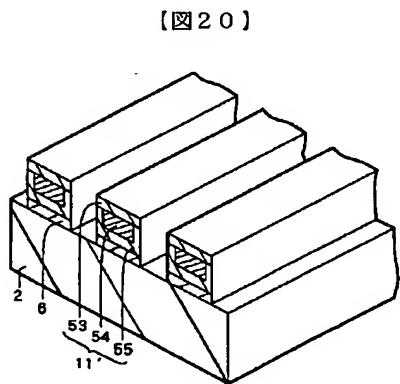
【図16】



【図15】

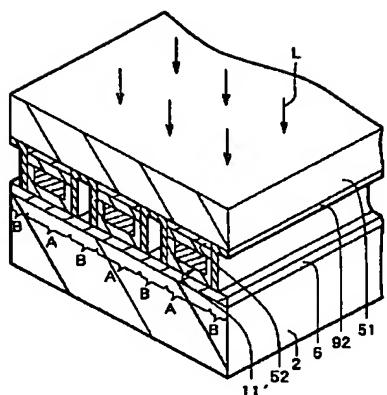


【図17】

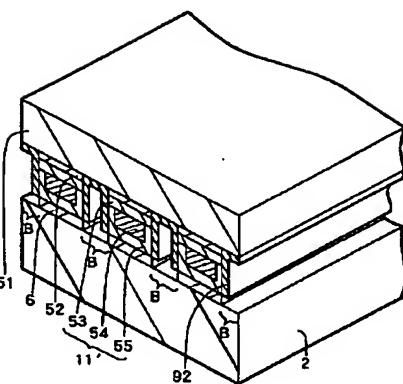


【図20】

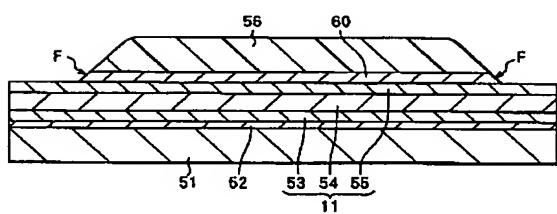
【図18】



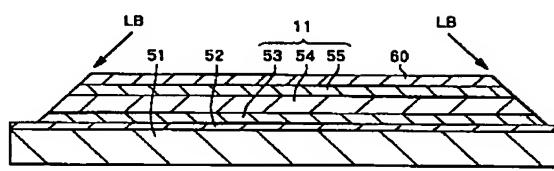
【図19】



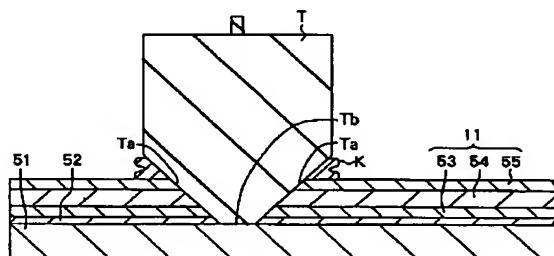
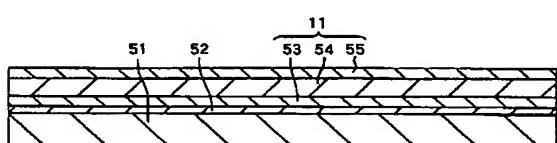
【図22】



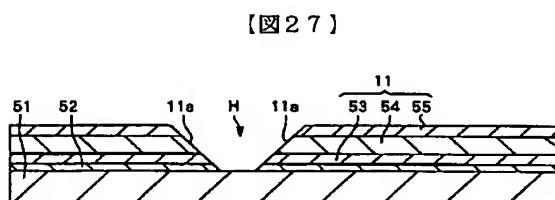
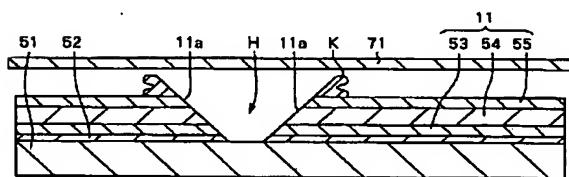
【図23】



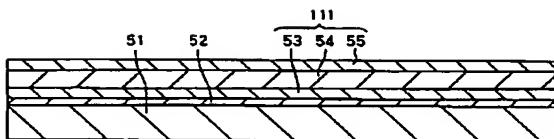
【図24】



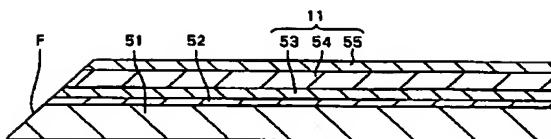
【図26】



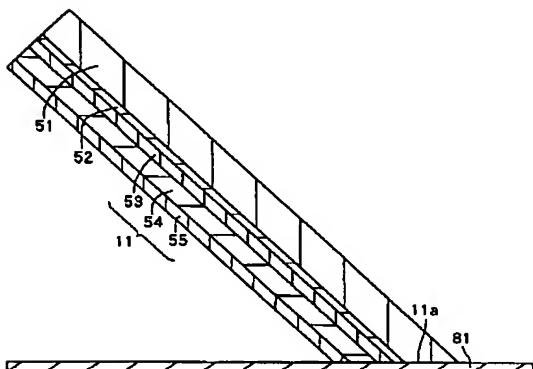
【図28】



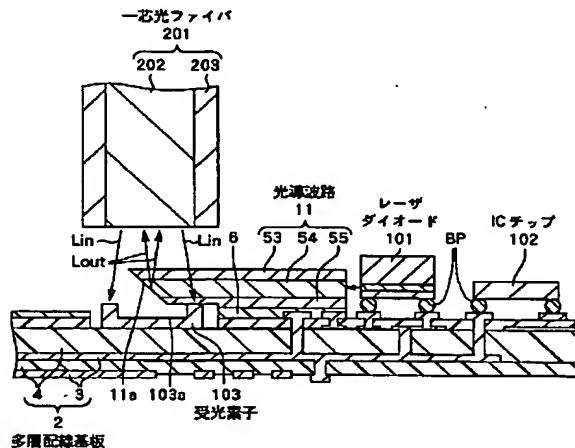
〔図29〕



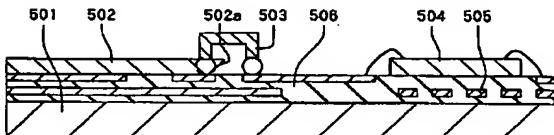
【図30】



【図31】



〔図32〕



## フロントページの続き

F ターム(参考) 2H047 KA04 MA05 MA07 PA02 PA05  
PA21 PA24 QA04 QA05 QA07  
TA31 TA43  
5F073 AB15 AB28 BA01 FA30